



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 47 892.9

Anmeldetag: 14. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: Mitsubishi Polyester Film GmbH,
Wiesbaden/DE

Bezeichnung: Mehrschichtige, biaxial orientierte Polyester-
folie, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre
Verwendung

IPC: B 32 B, B 29 D, B 29 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoiß

Mehrschichtige, biaxial orientierte Polyesterfolie, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung

Die Erfindung betrifft eine transparente, bevorzugt dreischichtige, biaxial orientierte Polyesterfolie mit einer glatten Oberfläche A, die im wesentlichen keine externen Partikel aufweist, und einer rauhen Oberfläche C, die Teilchen in einer definierten Konzentration und in einer definierten Größe enthält. Zur Erzielung einer möglichst hohen Oberflächenglätte der Oberfläche A ist die Folie hochorientiert. Die Folie ist insbesondere für Barrierebeschichtungen geeignet, die nach dem CVD- (Chemical Vapor Deposition) oder nach dem PECVD-Verfahren (Plasma enhanced Chemical Vapor Deposition) aufgebracht werden. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung der Folie und ihre Verwendung.

Folien mit einer glatten Oberfläche A sind nach dem Stand der Technik bekannt.

So enthalten Folien entsprechend den Beispielen 4 und 6 aus EP-A-0 903 222 in der Oberflächenschicht A keine externen Pigmente. Die Folie hat demzufolge eine glatte Oberfläche A. Entsprechend dort durchgeführter Versuche weist die Folie gute Barrierewerte auf, insbesondere nach der Metallisierung oder der Beschichtung mit keramischen Materialien. Für eine Barrierebeschichtung nach dem CVD- oder nach dem PECVD- Verfahren ist die Glätte der zu beschichtenden Oberfläche A verbesserungsbedürftig. Weiterhin verbesserungsbedürftig ist das Verarbeitungsverhalten der Folie, insbesondere auf schnelllaufenden Maschinen. Die Folie nach den vorgenannten Beispielen 4 und 6 ist auf der der Oberflächenschicht A gegenüberliegenden Oberflächenschicht C nicht hinreichend pigmentiert. Bei der Beschichtung in Hochvakuumanlagen, z.B. in Anlagen, die nach dem CVD- oder nach dem PECVD-Verfahren arbeiten, wird vor der Beschichtung die Anlage evakuiert. Damit entweicht auch die in der Folienrolle enthaltene Luft, wodurch die einzelnen Folienlagen hart aufeinander liegen. Bei einer unzureichenden Pigmentierung kann es zu einem schlechten Laufverhalten der Folie in der Maschine kommen (Schrägzug, Verblocken). Die Wickelqualität der beschichteten Folie ist für die weitere Verarbeitung der Folie

(Kaschierung, Bedruckung) ungeeignet.

Die DE-A-16 94 404 beschreibt eine Folie aus Schichten eines orientierten kristallisierbaren thermoplastischen Filmes, wobei mindestens eine der äußeren Schichten einen Zusatz enthält. Die Zusätze sind übliche inerte anorganische oder organische Partikel, die im Falle von inerten Partikeln wie SiO_2 in einer Konzentration von 1 bis 25 Gew.-% den äußeren Schichten zugegeben werden. Die Teilchengröße beträgt 2 bis 20 μm . Diese Schichtstoffe können z.B. für dekorative Zwecke mit Aluminium metallisiert oder für Magnetbänder verwendet werden. In der Schrift finden sich keinerlei Hinweise darauf, wie die Topographie einer solchen Folie für die Verbesserung der Sauerstoffbarriere eingestellt werden kann.

Die DE-A-22 30 970 beschreibt ein magnetisches Aufzeichnungsmedium, das aus einer biaxial orientierten Polyesterfolie und einer dünnen magnetischen metallischen Schicht auf der Oberfläche A der Polyesterfolie besteht. Die Folie ist dadurch gekennzeichnet, dass sie

- a) eine beschichtete Oberfläche A enthält, die teilchenfrei ist und
 - i) mindestens 4 μm dick ist oder
 - ii) mindestens 50 % der Dicke der gesamten Folienlage ausmacht; und
- b) eine teilchenhaltige zweite Schicht mit verhältnismäßig rauher Oberfläche aufweist, die
 - i) mindestens 1 % einzelne Teilchen eines bestimmten Polymerisates A und
 - ii) mindestens 1 % einzelne Teilchen eines bestimmten Polymerisates B enthält.

In der Schrift finden sich wiederum keinerlei Hinweise darauf, wie die Topographie einer solchen Folie für die Verbesserung einer Sauerstoffbarriere eingestellt werden kann.

Die EP-B-0 088 635 beschreibt eine coextrudierte biaxial orientierte Polyesterfolie mit wenigstens zwei Schichten, von denen eine Schicht A aus thermoplastischem Harz besteht, und einer Schicht B, die thermoplastisches Harz und feine Teilchen enthält. Die Folie ist dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenrauigkeit R_a der äußeren

Oberfläche der Schicht A kleiner als 5 nm ist und die äußere Oberfläche der Schicht B entweder

- eine Oberfläche mit einer Oberflächenrauigkeit R_a von 5 bis 40 nm ist und eine Vielzahl von Vertiefungen und eine Vielzahl von Vorsprüngen aufweist, die in einer bestimmten Anordnung angeordnet sind, oder
- eine Oberfläche ist, die auf einer ebenen Fläche gebildete Vorsprünge aufweist und deren Oberfläche mit einer Schicht C bedeckt ist, die aus einem Schmiermittel besteht und eine Oberflächenrauigkeit R_a von 5 bis 40 nm aufweist.

10 In der EP-A-0 514 129 wird eine transparente Mehrschichtfolie beschrieben, die ein Primärschicht-Substrat aus Polymermaterial umfasst, welches mindestens auf einer seiner Oberflächen eine Sekundärschicht aus Polymermaterial besitzt, die Glasperlen und Siliciumdioxidpartikel in bestimmten Konzentrationen und in bestimmten Größenverteilungen aufweist. Die Sekundärschicht kann auf einer bzw. auf beiden Seiten des

15 Primärschicht-Substrats angeordnet sein. Mit der Folie werden die Trübung und die Verarbeitungseigenschaften verbessert, eine Lehre zur Verbesserung des Glanzes und der Barriereigenschaften der Folie vermittelt die Schrift jedoch nicht. Auch finden sich in der Schrift keinerlei Hinweise darauf, wie die Topographie einer solchen Folie für die gleichzeitige Verbesserung von Glanz und Sauerstoffbarriere eingestellt werden

20 soll.

25 In der EP-A-0 604 057 wird eine transparente Mehrschichtfolie beschrieben, die ein Primärschicht-Substrat aus Polymermaterial umfasst, die im wesentlichen frei ist von Füllern, welches mindestens auf einer seiner Oberflächen eine Sekundärschicht aus Polymermaterial besitzt, die als Füller Silikon-Harz in einer Konzentration von 100 bis 1000 ppm enthält und einen mittleren Partikeldurchmesser von 1,5 bis 12,5 μ m aufweist. Nachteilig an den Silikon-Partikeln ist, dass diese vergleichsweise teuer sind und für den Verpackungsmarkt keine akzeptable Lösung darstellen. Außerdem neigen

30 Folien, die mit solchen Pigmenten ausgerüstet sind, beim Wickeln leichter zum Teleskopieren. Ebenfalls finden sich auch in dieser Schrift keinerlei Hinweise darauf, wie die Topographie einer solchen Folie für die gleichzeitige Verbesserung von Glanz und

Sauerstoffbarriere eingestellt werden soll.

Die im Stand der Technik beschriebenen Folien sind auf Grund der fehlenden Glätte der zu beschichtenden Oberfläche A für eine Barrierebeschichtung nach dem CVD- oder nach dem PECVD- Verfahren ungeeignet, zu mindestens aber verbesserungsbedürftig. Ebenfalls verbesserungsbedürftig ist das Verarbeitungsverhalten dieser Folien auf diesen Hochvakuumanlagen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, eine transparente, biaxial orientierte Polyesterfolie zur Verfügung zu stellen, die sich insbesondere für eine Barrierebeschichtung nach dem CVD- oder nach dem PECVD- Verfahren eignet. Die Folie soll nach der Barrierebeschichtung mit Substanzen, die bei CVD- oder nach dem PECVD- Verfahren verwendet werden (z.B. Hexamethyldisiloxan, CH_4), die gewünschte hohe Sauerstoffbarriere aufweisen. Außerdem sollte die Wickelqualität der Folie durch den Beschichtungsvorgang nicht beeinträchtigt werden. Darüber hinaus sollte sich die Folie durch eine gute Herstellbarkeit und Verarbeitbarkeit auszeichnen. Zusammengefasst bestand die Aufgabe darin, eine Folie mit folgender Merkmalkombination zur Verfügung zu stellen:

- Hohe Sauerstoffbarriere (gleichbedeutend mit geringer Sauerstoffpermeation) der Folie nach einer Barrierebeschichtung der Folienoberfläche A nach dem CVD- oder nach dem PECVD- Verfahren (Nutzung der Plasmapolymerisation)
- Gute Herstellbarkeit und gute Verarbeitbarkeit der Folie
- Hoher Glanz der zu beschichtenden Folienoberfläche A (hohe Oberflächen-glätte)
- Hohe Transparenz, d.h. geringe Trübung.

Die Folie sollte den bekannten Verpackungsfolien dieser Art in den übrigen Eigenschaften mindestens gleichwertig sein. Sie sollte sich beispielsweise einfach und preiswert herstellen lassen sowie auf den herkömmlichen Maschinen gut verarbeiten lassen.

Gelöst wird die Aufgabe durch eine biaxial orientierte Polyesterfolie, die eine Basis-
schicht B, die zu mindestens 80 Gew.-% aus einem thermoplastischen Polyester
besteht, und zwei Deckschichten A und C aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die
Deckschicht A eine hohe Oberflächenglätte hat und weitgehend keine externen
Partikel enthält, und die Deckschicht C externe Partikel enthält und eine Anzahl von
Erhebungen N pro mm² Folienoberfläche aufweist, die mit ihren jeweiligen Höhen h über
folgende Gleichung korreliert sind

$$A_{h1} - B_{h1} \cdot \log h/\mu\text{m} < \log(N_c/\text{mm}^2) < A_{h2} - B_{h2} \cdot \log h/\mu\text{m} \quad (1)$$

$$0,01 \mu\text{m} < h < 10 \mu\text{m}$$

$$A_{h1} = 2,477; \quad B_{h1} = 2,22$$

$$A_{h2} = 4,080; \quad B_{h2} = 1,5.$$

Die erfindungsgemäße Folie ist bevorzugt transparent, dreischichtig (Schichtaufbau A-
B-C) und wird durch Koextrusion hergestellt. Die Oberflächenschicht A enthält bevor-
zugt keine externen Partikel. Weiterhin weist die Folie eine planare Orientierung Δp
von größer als 0,163 auf.

Unter Erhebungen im Sinne der vorliegenden Erfindung werden kegelige Erhebungen
verstanden, die aus der planar orientierten Folienoberfläche hervorragen.

Erfindungsgemäß ist die Folie bevorzugt dreischichtig. Sie umfasst in jedem Fall als
Schichten eine Basisschicht B, eine im Wesentlichen pigmentfreie, hochglänzende
Oberflächenschicht A und auf der anderen Seite der Basisschicht B eine weitere
Schicht C, bevorzugt aus Polyethylenterephthalat. Diese Schicht C enthält die für die
Herstellung und Verarbeitung der Folie förderlichen Pigmente.

Für die verschiedenen Schichten können prinzipiell verschiedene Rohstoffe verwendet
werden. Es ist jedoch bevorzugt, die einzelnen Schichten auf Basis von Polyesterroh-
stoffen herzustellen.

Die Basisschicht B der Folie besteht bevorzugt zu mindestens 80 Gew.-% aus einem thermoplastischen Polyester. Dafür geeignet sind Polyester aus Ethylenglykol und Terephthalsäure (= Polyethylterephthalat, PET), aus Ethylenglykol und Naphthalin-2,6-dicarbonsäure (= Polyethylen-2,6-naphthalat, PEN), aus 1,4-Bis-hydroximethyl-
 5 cyclohexan und Terephthalsäure (= Poly1,4-cyclohexandimethylterephthalat, PCDT) sowie aus Ethylenglykol, Naphthalin-2,6-dicarbonsäure und Biphenyl-4,4'-dicarbonsäure (= Polyethylen-2,6-naphthalatbibenzoat, PENBB). Besonders bevorzugt sind Polyester, die zu mindestens 90 mol-%, bevorzugt mindestens 95 mol-%, aus Ethylenglykol- und Terephthalsäure-Einheiten oder aus Ethylenglykol- und Naphthalin-2,6-
 10 dicarbonsäure-Einheiten bestehen. Die restlichen Monomereinheiten stammen aus anderen aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen Diolen bzw. anderen Dicarbonsäuren, wie sie auch in den Schichten A oder C vorkommen können.

Bevorzugt besteht die Basisschicht aus PET.

15 Geeignete andere aliphatische Dirole sind beispielsweise Diethylenglykol, Triethylenglykol, aliphatische Glykole der allgemeinen Formel $\text{HO}-(\text{CH}_2)_n-\text{OH}$, wobei n eine ganze Zahl von 3 bis 6 darstellt (insbesondere Propan-1,3-diol, Butan-1,4-diol, Pentan-1,5-diol und Hexan-1,6-diol) oder verzweigte aliphatische Glykole mit bis zu 6
 20 Kohlenstoff-Atomen. Von den cycloaliphatischen Diolen sind Cyclohexandiole (insbesondere Cyclohexan-1,4-diol) zu nennen. Geeignete andere aromatische Dirole entsprechen beispielsweise der Formel $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{X}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$, wobei X für $-\text{CH}_2-$, $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$, $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$, $-\text{O}-$, $-\text{S}-$ oder $-\text{SO}_2-$ steht. Daneben sind auch Bisphenole der Formel $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ gut geeignet.

25 Andere aromatische Dicarbonsäuren sind bevorzugt Benzoldicarbonsäuren, Naphthalindicarbonsäuren (beispielsweise Naphthalin-1,4- oder 1,6-dicarbonsäure), Biphenyl-x,x'-dicarbonsäuren (insbesondere Biphenyl-4,4'-dicarbonsäure), Diphenylacetylen-x,x'-dicarbonsäuren (insbesondere Diphenylacetylen-4,4'-dicarbonsäure) oder
 30 Stilben-x,x'-dicarbonsäuren. Von den cycloaliphatischen Dicarbonsäuren sind Cyclohexandicarbonsäuren (insbesondere Cyclohexan-1,4-dicarbonsäure) zu nennen.

Von den aliphatischen Dicarbonsäuren sind die (C_3 - C_{19}) Alkandisäuren besonders geeignet, wobei der Alkanteil geradkettig oder verzweigt sein kann.

5 Die Herstellung der Polyester kann nach dem bekannten Umesterungsverfahren erfolgen (siehe Polyesters, V.V. Korshak and S.V. Vinogradova, Pergamon Press, 1965, und Encyclopedia of Chemical Technology, Fourth Edition, Vol. 19, Pigments to Powders, Handling, Wiley & Sons). Dabei geht man von Dicarbonsäureestern und Diolen aus, die mit den üblichen Umesterungskatalysatoren, wie Zink-, Calcium-, Lithium-, Magnesium- und Mangan-Salzen, umgesetzt werden. Die Zwischenprodukte
10 werden dann in Gegenwart allgemein üblicher Polykondensationskatalysatoren, wie Antimontrioxid oder Titan-Salzen, polykondensiert. Die Herstellung kann ebenso gut nach dem Direktveresterungsverfahren in Gegenwart von Polykondensationskatalysatoren erfolgen. Dabei geht man direkt von den Dicarbonsäuren und den Diolen aus.

15 Als besonders geeignet haben sich solche Verfahren erwiesen, bei denen Umesterungskatalysatoren eingesetzt werden, bei denen die Glattheit der Oberfläche A der Folie nur wenig gestört wird. Bevorzugt sind hierbei insbesondere Magnesium- und Mangan- Salze. Diese Umesterungskatalysatoren werden bevorzugt bei der Herstellung des Basisrohstoffes, besonders bevorzugt aber bei der Herstellung des Roh-
20 stoffes für die Schicht A verwendet.

Folien mit der geforderten glatten Oberfläche A werden insbesondere dann erhalten, wenn Rohstoffe / Polymere eingesetzt werden, die z.B. unter Verwendung von Mn-, Mg- oder Ca- Umesterungskatalysatoren hergestellt wurden, und bei denen der Mn-
25 Gehalt im Bereich von 50 bis 200 ppm oder der Mg-Gehalt im Bereich von 100 bis 300 ppm oder der Ca-Gehalt im Bereich von 50 bis 300 ppm liegt. Hierdurch werden interne Partikel erzeugt, die zu Folien mit der erfindungsgemäßen Oberfläche führen. Es sind prinzipiell aber auch andere Umesterungskatalysatoren einsetzbar.

30 Für die Schicht A können prinzipiell die gleichen Polymere verwendet werden, wie für die Basisschicht B. Daneben können in der Schicht A auch andere Materialien

enthalten sein, wobei dann die Schicht A bevorzugt aus einem Gemisch von Polymeren, einem Copolymeren oder einem Homopolymeren besteht, welche bevorzugt Ethylen-2,6-naphthalat-Einheiten und/oder Ethylen-terephthalat-Einheiten enthalten. Bis zu 10 Mol-% der Polymere können aus weiteren Comonomeren bestehen, wie sie für die Basisschicht B beschrieben wurden.

Für die andere Schicht (Deckschicht C) können prinzipiell die gleichen Polymere verwendet werden, wie sie zuvor für die Basisschicht B oder die Schicht A beschrieben worden sind.

Für die Verarbeitung der Polymere hat es sich als günstig erwiesen, die Polymere für die Basisschicht und die beiden anderen Schichten so zu wählen, dass sich die Viskositäten der jeweiligen Polymerschmelzen nicht zu sehr unterscheiden. Im anderen Fall ist unter Umständen mit zusätzlichen Unebenheiten, mit Fließstörungen oder mit Streifenbildung auf der fertigen Folie zu rechnen. Zur Beschreibung der Viskositätsbereiche der Schmelzen für die jeweiligen Schichten wird die intrinsische Viskosität IV verwendet. Für handelsübliche Polyethylenterephthalate, die sich bevorzugt zur Herstellung der biaxial orientierten Folien eignen, liegen die IV-Werte im Bereich von 0,54 bis 0,76. Um eine einwandfreie Qualität der Folie im Sinne der vorliegenden Erfindung zu gewährleisten, sollte der SV-Wert der Polymeren für die Schichten A oder C im Bereich von ca. 0,55 bis 0,75, bevorzugt im Bereich von 0,56 bis 0,74, insbesondere bevorzugt im Bereich von 0,57 bis 0,73, liegen. Falls notwendig, kann an den jeweiligen Granulaten eine Festphasenkondensation durchgeführt werden, um die benötigten IV-Werte der Materialien einzustellen. Die IV-Werte der Polymerschmelzen für die Basis- und die beiden Deckschichten sollten sich bevorzugt um nicht mehr als 0,1, vorzugsweise nicht mehr als 0,08, insbesondere aber um nicht mehr als 0,06 IV-Einheiten unterscheiden.

Die Basisschicht B und die beiden anderen Schichten können zusätzlich übliche Additive, wie bspw. Stabilisatoren enthalten. Sie werden zweckmäßig dem Polymer bzw. der Polymermischung bereits vor dem Aufschmelzen zugesetzt. Als

Stabilisatoren werden beispielsweise Phosphorverbindungen, wie Phosphorsäure oder Phosphorsäureester, eingesetzt.

Die Oberflächenschicht A der Folie nach der vorliegenden Erfindung enthält bevorzugt keine Antiblockmittel oder andere externe Partikel. Die Oberflächenschicht C der Folie nach der vorliegenden Erfindung enthält Antiblockmittel in einer bestimmten Konzentration und in einer bestimmten Größe. Die Basisschicht enthält im Wesentlichen nur Antiblockmittel, die über eine Regenerierung der Folie in die Basisschicht eingebracht werden, d.h. wenn z. B. zur Herstellung der Folie Folienverschnitt (Regenerat) mit eingesetzt wird.

Typische Antiblockmittel (in diesem Zusammenhang auch als Pigmente bezeichnet) sind anorganische und/oder organische Partikel, beispielsweise Calciumcarbonat, amorphe Kieselsäure, Talk, Magnesiumcarbonat, Bariumcarbonat, Calciumsulfat, Bariumsulfat, Lithiumphosphat, Calciumphosphat, Magnesiumphosphat, Aluminiumoxid, LiF, Calcium-, Barium-, Zink- oder Mangan-Salze der eingesetzten Dicarbonsäuren, Ruß, Titandioxid, Kaolin oder vernetzte Polystyrol- oder Acrylat-Partikel.

Es können auch Mischungen von zwei und mehr verschiedenen Antiblockmitteln oder Mischungen von Antiblockmitteln gleicher Zusammensetzung, aber unterschiedlicher Partikelgröße gewählt werden. Die Partikel können den einzelnen Schichten in den jeweils vorteilhaften Konzentrationen, z.B. als glykolische Dispersion während der Polykondensation oder über Masterbatche bei der Extrusion zugegeben werden. Eine detaillierte Beschreibung der einsetzbaren Antiblockmittel findet sich beispielsweise in der EP-A-0 602 964.

Bevorzugte Partikel für die Deckschicht C sind SiO_2 in kolloidaler und in kettenartiger Form. Die Partikeldurchmesser der eingesetzten Teilchen sind prinzipiell nicht eingeschränkt. Für die Lösung der Aufgabe hat es sich als günstig erwiesen,

- Teilchen mit einem mittleren Primärpartikeldurchmesser von kleiner als 60 nm,

bevorzugt kleiner als 55 nm und besonders bevorzugt kleiner als 50 nm und/oder

- Teilchen mit einem mittleren Primärpartikeldurchmesser (der d_{50} -Wert) im Bereich von 1 bis 4 μm , bevorzugt im Bereich von 1,5 bis 3,5 μm und besonders bevorzugt im Bereich von 2,5 bis 3,0 μm , zu verwenden.

Weiterhin hat es sich als besonders günstig erwiesen, wenn die Verteilung des Partikeldurchmessers innerhalb bestimmter Grenzen liegt. Zur Erzielung einer möglichst niedrigen Trübung und eines möglichst hohen Glanzes enthält die Deckschicht C der Folie ein Pigmentsystem, bei dem die Streuung des Durchmessers d (ausgedrückt durch den SPAN 98) bevorzugt kleiner als 1,9 ist.

Die Pigmentkonzentration in der Deckschicht C liegt bevorzugt zwischen 0,1 und 0,5 Gew.-%, vorteilhaft zwischen 0,15 und 0,45 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,2 und 0,4 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt zwischen 0,25 und 0,35 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Schicht C. Sie richtet sich insbesondere nach dem gewünschten Verarbeitungsverhalten der Folie. Vorzugsweise wird/werden die Pigmentart/en, die Pigmentkonzentration/en und die Partikelkonzentration/en als auch die Schichtdickenverhältnisse so gewählt, dass eine gute Optik, sowie eine gute Herstellbarkeit und Verarbeitbarkeit der Folie gegeben ist. Diese Parameter können durch wenige Vorversuche einfach und sicher bestimmt werden.

Die Pigmente für die Oberflächenschicht C sind in ihrer Größe, Konzentration und in ihrer Verteilung so auszuwählen, dass die Anzahl der Erhebungen N_C/mm^2 durch folgende Gleichung beschrieben werden kann (h = Höhe der Erhebungen):

$$A_{h1} - B_{h1} \cdot \log h/\mu\text{m} < \log(N_C/\text{mm}^2) < A_{h2} - B_{h2} \cdot \log h/\mu\text{m} \quad (1)$$

$$0,01 \mu\text{m} < h < 10 \mu\text{m}$$

$$A_{h1} = 2,477; \quad B_{h1} = 2,22$$

$$A_{h2} = 4,08; \quad B_{h2} = 1,5.$$

In einer bevorzugten Ausführungsform besitzen die Konstanten der Gleichung (1) die Werte $A_{h1} = 2,550$, $B_{h1} = 2,150$, $A_{h2} = 4,000$ und $B_{h2} = 1,550$ und in einer besonders bevorzugten Ausführungsform die Werte $A_{h1} = 2,600$, $B_{h1} = 2,100$, $A_{h2} = 3,900$ und $B_{h2} = 1,600$.

5

Weist die Deckschicht C der Folie nach der vorliegenden Erfindung eine Topographie auf, bei der die Anzahl der Erhebungen unterhalb des durch die Gleichung (1) gekennzeichneten Bereiches fällt, so ist die Herstellung der Folie schwierig und das Verarbeitungsverhalten unzureichend. Die Folie neigt zum Verblocken.

10

Weist die Deckschicht C der Folie nach der vorliegenden Erfindung dagegen eine Topographie auf, bei der die Anzahl der Erhebungen oberhalb des durch die Gleichung (1) gekennzeichneten Bereiches fällt, so verschlechtert sich die Transparenz der Folie. Dies ist im Sinne der Aufgabenstellung unerwünscht, wird aber von der Erfindung mitumfasst.

15

Bei der Folie nach der vorliegenden Erfindung sind die Dicken der Deckschichten A und C im allgemeinen größer als $0,6 \mu\text{m}$ und liegen bevorzugt im Bereich von $0,6$ bis $2,5 \mu\text{m}$, vorteilhaft im Bereich von $0,7$ bis $2,3 \mu\text{m}$, insbesondere im Bereich von $0,8$ bis $2,2 \mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt im Bereich von $0,9$ bis $2,1 \mu\text{m}$. Die Deckschichten A und C können gleich oder verschieden dick sein.

20

Die Gesamtdicke der erfindungsgemäßen Polyesterfolie kann innerhalb weiter Grenzen variieren und richtet sich nach dem beabsichtigten Verwendungszweck. Sie beträgt bevorzugt 4 bis $50 \mu\text{m}$, insbesondere 5 bis $45 \mu\text{m}$, vorzugsweise 6 bis $40 \mu\text{m}$, wobei die Schicht B einen Anteil von vorzugsweise 5 bis 95% an der Gesamtdicke hat.

25

Zur Herstellung der Schichten A und C (Deckschichten A und C) werden zweckmäßig Polymer-Granulate, bevorzugt aus Polyethylenterephthalat, zwei Extrudern zugeführt.

30

Die Materialien werden bei etwa 300°C aufgeschmolzen und extrudiert bzw. coextrudiert.

Die Polymere für die Basisschicht werden zweckmäßig über einen weiteren Extruder zugeführt. Etwa vorhandene Fremdkörper oder Verunreinigungen lassen sich aus der Polymerschmelze abfiltrieren. Die Schmelzen werden in einer Mehrschichtdüse zu flachen Schmelzefilmen ausgeformt und übereinander geschichtet. Anschließend wird
5 der Mehrschichtfilm mit Hilfe einer Kühlwalze und gegebenenfalls weiteren Walzen abgezogen und verfestigt.

Die biaxiale Verstreckung wird im allgemeinen sequentiell durchgeführt. Dabei wird vorzugsweise erst in Längsrichtung (d.h. in Maschinenrichtung, MD-Richtung) und
10 anschließend in Querrichtung (d.h. senkrecht zur Maschinenrichtung, TD-Richtung) verstreckt. Das Verstrecken in Längsrichtung lässt sich mit Hilfe zweier entsprechend dem angestrebten Streckverhältnis verschieden schnell laufenden Walzen durchführen. Zum Querverstrecken benutzt man allgemein einen entsprechenden Kluppen-
rahmen.

Die Temperatur, bei der die Verstreckung durchgeführt wird, kann in einem relativ großen Bereich variieren und richtet sich nach den gewünschten Eigenschaften der Folie. Im allgemeinen wird die Längsstreckung bei ca. 80 bis 130°C und die Quer-
15 streckung bei ca. 80 bis 150°C durchgeführt. Das Längsstreckverhältnis liegt bevorzugt im Bereich von 3:1 bis 6:1, insbesondere bei 3,5:1 bis 5,5:1. Das Querstreckverhältnis
20 liegt allgemein im Bereich von 3,0:1 bis 5,0:1, bevorzugt bei 3,5:1 bis 4,5:1.

Die Folie nach der vorliegenden Erfindung wird bevorzugt so orientiert, dass die planare Orientierung Δp der Folie größer als 0,163, bevorzugt größer als 0,164 und
25 besonders bevorzugt größer als 0,165 ist. Im anderen Fall ist die Glätte der Oberflächenschicht A für eine Barrierebeschichtung nach dem CVD-Verfahren unter Umständen nicht ausreichend.

Vor der Querstreckung kann man eine oder beide Oberfläche(n) der Folie nach den
30 bekannten Verfahren in-line beschichten. Die In-Line-Beschichtung kann beispielsweise zu einer verbesserten Haftung einer Metallschicht oder einer eventuell aufge-

brachten Druckfarbe, aber auch zur Verbesserung des antistatischen Verhaltens oder des Verarbeitungsverhaltens dienen.

5 Bei der nachfolgenden Thermofixierung wird die Folie etwa 0,1 bis 10 s lang bei einer Temperatur von ca. 150 bis 250°C gehalten. Anschließend wird die Folie in üblicher Weise aufgewickelt.

10 Die biaxial verstreckte und thermofixierte Polyesterfolie kann vor der Bedruckung oder vor dem Aufbringen einer oxidischen Schicht auf einer oder beiden Seite(n) corona- oder flammbehandelt werden. Die Behandlungsintensität wird so gewählt, dass die Oberflächenspannung der Folie im allgemeinen über 45 mN/m liegt.

15 Zur Einstellung weiterer gewünschter Eigenschaften kann die Folie beschichtet oder corona- bzw. flammvorbehandelt sein. Typische Beschichtungen sind haftvermittelnde, antistatisch, schlupfverbessernd oder dehäsiv wirkende Schichten. Es bietet sich an, diese zusätzlichen Schichten über inline coating mittels wässriger Dispersionen vor der Querverstreckung auf die Folie aufzubringen.

20 Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Herstellungskosten der erfindungsgemäßen Folie vergleichbar sind mit denjenigen nach dem Stand der Technik. Die sonstigen verarbeitungs- und gebrauchrelevanten Eigenschaften der erfindungsgemäßen Folie bleiben im Wesentlichen unverändert oder sind sogar verbessert. Daneben ist bei der Herstellung der Folie gewährleistet, dass das Regenerat in einer Konzentration von ca. 20 bis 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Folie, wieder verwendet werden kann, ohne dass dabei die physikalischen Eigenschaften der Folie nennenswert negativ beeinflusst werden.

30 Die Folie eignet sich z. B. hervorragend zur Verpackung von licht- und/oder luftempfindlichen Nahrungs- und Genussmitteln. Speziell geeignet ist sie zur Herstellung von Verpackungen für Kaffee, Tee oder Gewürze, insbesondere gemahlenem Kaffee.

Zusammengefasst zeichnet sich die erfindungsgemäße Folie durch eine hervorragende Sauerstoffbarriere, nachdem sie auf der Folienoberfläche A mit Materialien beschichtet worden ist, die bei CVD- oder bei PECVD- Verfahren eingesetzt werden, durch einen hohen Glanz der Folienoberfläche A und durch eine niedrige Trübung aus.

5 Des weiteren besitzt die Folie ein gutes Wickel- und Verarbeitungsverhalten.

Die Folie besitzt eine Sauerstoffbarriere von kleiner als $3,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$, vorzugsweise kleiner als $2,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$ und besonders bevorzugt kleiner als $2,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$, nachdem sie auf der Folienoberfläche A beschichtet worden ist;

10 bevorzugt nach dem CVD- bzw. PECVD-Verfahren.

Substanzen, die nach dem CVD-bzw. PECVD-Verfahren auf die Oberfläche der Deckschicht A aufgebracht werden können, sind z.B. Hexamethyldisiloxan oder CH_4 , und ein entsprechendes Verfahren ist die AIRCO-Coating Technology, die z.B. von

15 R.J. Nelson auf der Society for the Research of Polymerized Compound Surfaces, Fukui City, Japan, 9. Juli 1993, vorgetragen wurde.

Der Glanz der Folienoberfläche A ist bevorzugt größer als 190. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Glanz dieser Seite mehr als 200 und in einer besonders bevorzugten Ausführungsform mehr als 210. Diese Folienoberfläche eignet sich

20 daneben auch für die Bedruckung oder für die Metallisierung. Der hohe Glanz der Folie überträgt sich auf den Druck oder die aufgebrachte Metallschicht und verleiht somit der Folie das gewollte werbewirksame Aussehen. Die Trübung der Folie ist bevorzugt niedriger als 2,5 %.

25

Die nachstehende Tabelle (Tabelle 1) fasst die wichtigsten erfindungsgemäßen Folieneigenschaften noch einmal zusammen.

Tabelle 1

	erfindungsgemäßer Bereich	bevorzugt	besonders bevorzugt	Einheit	Messmethode
Planare Orientierung Δp	$> 0,163$	$> 0,164$	$> 0,165$		
Konstanten der Gleichung (1)	$A_{h1} = 2,477, B_{h1} = 2,22$	$A_{h1} = 2,550, B_{h1} = 2,150$	$A_{h1} = 2,600, B_{h1} = 2,100$		
für die Seite C	$A_{h2} = 4,080, B_{h2} = 1,5$	$A_{h2} = 4,000, B_{h2} = 1,550$	$A_{h2} = 3,900, B_{h2} = 1,600$		
Sauerstoffpermeation der beschichteten Folie	< 3	$< 2,5$	< 2	$\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot$ $\text{d}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$	DIN 53 380, Teil 3
Glanz, Seite A (Messwinkel 20°) ¹⁾	> 190	> 200	> 210		DIN 67 530
Trübung ^{b)}	$< 2,5$	$< 2,0$	$< 1,7$	%	ASTM-D 1003-52
Reibungskoeffizient:	$< 0,45$	$< 0,42$	$< 0,40$		DIN 53 375
C- Seite gegen sich selbst					
mittlere Rauigkeit R_a	30-150	40-123	50-110	nm	DIN 4768, bei einem Cut-off von 0,25 nm
C- Seite					

¹⁾ gemessen an der nicht beschichteten Folie

Zur Charakterisierung der Rohstoffe (Ausgangspolymere) und der Folien wurden die folgenden Methoden benutzt:

DIN = Deutsches Institut für Normung

ASTM = American Society for Testing and Materials

5 ISO = International Organisation for Standardisation

(1) Bestimmung der planaren Orientierung Δp

Die Bestimmung der planaren Orientierung erfolgt über die Messung der Brechungsindizes mit einem Abbe-Refraktometer (A. Krüss, Optronic, Hamburg, Deutschland).

10 Die Probenvorbereitung ist wie folgt:

Probengröße und Probenlänge: 60 bis 100 mm

Probenbreite: entspricht Prismenbreite von 10 mm

Zur Bestimmung von n_{MD} und n_{α} ($=n_z$) muss die zu messende Probe aus der Folie ausgeschnitten werden, bei der die Laufkante der Probe exakt mit der TD-Richtung übereinstimmen muss. Zur Bestimmung von n_{TD} und n_{α} ($=n_z$) muss die zu messende Probe aus der Folie ausgeschnitten werden, bei der die Laufkante der Probe exakt mit der MD-Richtung übereinstimmen muss. Die Proben sind aus der Mitte der Folienbahn zu entnehmen. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass das Abbe-Refraktometer eine Temperatur von 23°C hat. Auf das vor der Messung gut gesäuberte untere Prisma wird mit Hilfe eines Glasstabes ein wenig Dijodmethan ($n = 1,745$) bzw. Dijodmethan-

20 Bromnaphthalin-Gemisch aufgetragen. Der Brechungsindex des Gemisches muss größer als 1,685 sein. Darauf wird zuerst die in TD-Richtung ausgeschnittene Probe aufgelegt, so dass die gesamte Prismenoberfläche bedeckt ist. Mit Hilfe eines Papiertaschentuches wird nun die Folie fest auf das Prisma aufgebügelt, so dass die Folie
25 fest und glatt aufliegt. Die überflüssige Flüssigkeit muss abgesaugt werden. Danach wird ein wenig von der Messflüssigkeit auf die Folie getropft. Das zweite Prisma wird heruntergeklappt und fest angedrückt. Nun wird mit Hilfe der rechten Rändelschraube die Anzeigeskala soweit gedreht, bis im Bereich 1,62 bis 1,68 ein Übergang von hell auf dunkel im Sichtfenster zu sehen ist. Ist der Übergang von hell auf dunkel nicht
30 scharf, werden mit Hilfe der oberen Rändelschraube die Farben so zusammengeführt, dass nur eine helle und eine dunkle Zone sichtbar ist. Die scharfe Übergangslinie wird

mit Hilfe der unteren Rändelschraube in den Kreuzungspunkt der beiden (im Okular) diagonalen Linien gebracht. Der nun in der Messskala angezeigte Wert wird abgelesen und in das Messprotokoll eingetragen. Dies ist der Brechungsindex in Maschinenrichtung n_{MD} . Nun wird die Skala mit der unteren Rändelschraube soweit verdreht, dass

5 der im Okular sichtbare Bereich zwischen 1,49 und 1,50 zu sehen ist.

Jetzt wird der Brechungsindex n_a bzw. n_z (in Dickenrichtung der Folie) ermittelt. Damit der nur schwach sichtbare Übergang besser zu sehen ist, wird auf das Okular eine Polarisationsfolie gelegt. Diese ist solange zu drehen, bis der Übergang deutlich zu

10 sehen ist. Es gilt das gleiche wie bei der Bestimmung von n_{MD} . Ist der Übergang von hell auf dunkel nicht scharf (farbig), dann werden mit Hilfe der oberen Rändelschraube die Farben zusammengeführt, so dass ein scharfer Übergang zu sehen ist. Diese scharfe Übergangslinie wird mit Hilfe der unteren Rändelschraube in den Kreuzungspunkt der beiden diagonalen Linien gebracht und den auf der Skala angezeigten Wert

15 abgelesen und in die Tabelle eingetragen.

Anschließend wird die Probe gedreht und die entsprechenden Brechungsindizes n_{MD} und $n_a (=n_z)$ der anderen Oberflächenseite gemessen und in eine entsprechende Tabelle eingetragen.

20 Nach der Bestimmung der Brechungsindizes in MD-Richtung bzw. in Dickenrichtung wird der in MD-Richtung herausgeschnittene Probenstreifen aufgelegt und entsprechend die Brechungsindizes n_{TD} (senkrecht zur Maschinenrichtung) und $n_a (=n_z)$ bestimmt. Der Streifen wird umgedreht und die Werte für die B-Seite gemessen. Die Werte für die A-Seite und die B-Seite werden zu mittleren Brechungswerten

25 zusammengefasst. Die Orientierungswerte werden dann aus den Brechungsindizes nach den folgenden Formeln berechnet:

$$\Delta n = n_{MD} - n_{TD}$$

$$\Delta p = (n_{MD} + n_{TD})/2 - n_z$$

30
$$n_{av} = (n_{MD} + n_{TD} + n_z)/3$$

(2) Sauerstoffbarriere

Die Messung der Sauerstoffbarriere an den beschichteten Folien erfolgte mit einem OX-TRAN 2/20 von Mocon Modern Controls (USA) entsprechend DIN 53 380, Teil 3.

5 (3) SV-Wert (Standard Viskosität) und IV-Wert

Die Standardviskosität SV (DCE) wird, angelehnt an DIN 53726, in Dichloressigsäure gemessen. Die intrinsische Viskosität (IV) berechnet sich wie folgt aus der Standardviskosität

$$IV (DCE) = 6,907 \cdot 10^{-4} SV (DCE) + 0,063096$$

10 

(4) Reibung

Die Reibung wurde nach DIN 53375 bestimmt. Die Reibung wurde 14 Tage nach der Produktion gemessen. Ein Verblocken findet statt, wenn der Reibwert größer als 1 ist oder bei der Reibkraftmessung in der Reibkraft-Weg-Verlauf Messung Unstetigkeitsstellen auftreten.

15

(5) Trübung

Die Trübung der Folie wurde nach ASTM-D 1003-52 gemessen. Die Trübungsmessung nach Hölz wurde in Anlehnung an ASTM-D 1003-52 bestimmt, wobei jedoch zur Ausnutzung des optimalen Messbereichs an vier übereinanderliegenden Folienlagen gemessen und anstelle einer 4°-Lochblende eine 1°-Spaltblende eingesetzt wurde.

20



(6) Glanz

Der Glanz wurde nach DIN 67530 bestimmt. Gemessen wurde der Reflektorwert als optische Kenngröße für die Oberfläche einer Folie. Angelehnt an die Normen ASTM-D 523-78 und ISO 2813 wurde der Einstrahlwinkel mit 20° oder 60° eingestellt. Ein Lichtstrahl trifft unter dem eingestellten Einstrahlwinkel auf die ebene Prüffläche und wird von dieser reflektiert bzw. gestreut. Die auf den photoelektronischen Empfänger auffallenden Lichtstrahlen werden als proportionale elektrische Größe angezeigt. Der Messwert ist dimensionslos und muss mit dem Einstrahlwinkel angegeben werden.

25

30

(7) Bestimmung der Korngrößen auf Folienoberflächen

Die Bestimmung der Größenverteilung von Erhebungen auf Folienoberflächen erfolgt mit einem Rasterelektronenmikroskop und einem Bildanalysesystem. Verwendet wird das Rasterelektronenmikroskop XL30 CP der Fa. Philips mit einem integrierten Bildanalyseprogramm AnalySIS der Fa. Soft-Imaging System.

Für diese Messungen werden Folienproben flach auf einen Probenhalter aufgebracht. Anschließend werden diese unter einem Winkel α mit einer dünnen Metallschicht (z.B. aus Silber) schräg bedampft. Dabei ist α der Winkel zwischen Probenoberfläche und der Ausbreitungsrichtung des Metalldampfes. Durch diese Schrägbedampfung entsteht hinter der Erhebung ein Schattenwurf. Da die Schatten noch nicht elektrisch leitfähig sind, wird die Probe anschließend noch mit einem zweiten Metall (z.B. Gold) bedampft oder gesputtert, wobei die zweite Beschichtung senkrecht auf die Probenoberfläche auftrifft und somit bei der zweiten Beschichtung keine Schatten entstehen.

Die so präparierten Probenoberflächen werden in einem Rasterelektronenmikroskop (REM) abgebildet. Die Schatten der Erhebungen sind infolge des Materialkontrastes der Metalle sichtbar. Die Probe wird im REM so orientiert, dass die Schatten parallel zu einem Bildrand verlaufen. Für die Bildaufnahme werden folgende Bedingungen am REM eingestellt: Sekundärelektronendetektor, Arbeitstaband: 10 mm, Beschleunigungsspannung: 10 kV und Spot: 4,5. Die Helligkeit und Kontrast werden so eingestellt, dass sämtliche Bildinformationen als Grauwerte dargestellt werden und die Intensität des Grundrauschens so klein ist, dass es nicht als Schatten detektiert wird. Die Länge der Schatten wird mit dem Bildanalyser ausgemessen. Der Schwellwert für die Schattenerkennung wird auf die Stelle gelegt, wo die 2. Ableitung der Grauwertverteilung des Bildes den Nullpunkt durchquert. Vor der Schattenerkennung wird das Bild mit einem NxN-Filter (Größe 3, 1 Iteration) geglättet. Durch die Setzung eines Rahmens ("frame") wird sichergestellt, dass Erhebungen, die im Bild nicht vollständig abgebildet werden, nicht mitgemessen werden. Die Vergrößerung, die Rahmengröße und die Anzahl der ausgewerteten Bilder werden so gewählt, dass insgesamt 0,36 mm² Folienoberfläche ausgewertet werden.

Die Höhe der einzelnen Erhebungen wird aus den einzelnen Schattenlängen mit folgender Beziehung errechnet:

$$h = \tan(\alpha) \cdot L$$

5 wobei h die Höhe der Erhebung, α der Bedampfungswinkel und L die Schattenlänge ist. Die so ermittelten Erhebungen werden in Klassen eingeteilt, um zu einer Häufigkeitsverteilung zu kommen. Die Einteilung erfolgt in 0,05 μm breite Klassen zwischen 0 und 1 μm , wobei die kleinste Klasse (0 bis 0,05 μm) für weitere Auswertungen nicht verwendet wird. Die Durchmesser (Ausbreitung senkrecht zur Schattenwurfsrichtung) der Erhebungen werden in ähnlicher Weise in 0,2 μm breiten Klassen von 0 bis 10 μm eingestuft, wobei auch hier die kleinste Klasse für die weitere Auswertung nicht verwendet wird.

(8) Rauhigkeit

15 Die Rauigkeit R_a der Folie wurde nach DIN 4768 bei einem Cut-off von 0,25 mm bestimmt.

(9) Messung des mittleren Partikeldurchmessers d_{50}

20 Die Bestimmung des mittleren Partikeldurchmessers d_{50} wurde mittels Laser auf einem Malvern MasterSizer (Fa. Malvern Instruments GmbH, Herrenberg, Deutschland) nach der Standardmethode durchgeführt (andere Messgeräte sind z.B. Horiba LA 500 oder Sympathec Helos, welche das gleiche Messprinzip verwenden). Die Proben wurden dazu in eine Küvette mit Wasser gegeben und diese dann in das Messgerät gestellt. Der Messvorgang ist automatisch und beinhaltet auch die mathematische Bestimmung des d_{50} -Wertes.

25 Der d_{50} -Wert wird dabei definitionsgemäß aus der (relativen) Summenkurve der Partikelgrößenverteilung bestimmt: Der Schnittpunkt des 50 % Ordinatenwertes mit der Summenkurve liefert auf der Abszissenachse sofort den gewünschten d_{50} -Wert.

(10) Messung der SPAN 98

Die Bestimmung der SPAN 98 wurde mit dem gleichen Messgerät durchgeführt, wie oben bei der Bestimmung des mittleren Durchmessers d_{50} beschrieben. Die SPAN 98 ist dabei wie folgt definiert:

5

$$SPAN98 = \frac{d_{98} - d_{10}}{d_{50}}$$

10

Für die Ermittlung von d_{98} und d_{10} wird wiederum die (relative) Summenkurve der Partikelgrößenverteilung zu Grunde gelegt. Der Schnittpunkt des 98 % Ordinatenwertes mit der Summenkurve liefert auf der Abszissenachse sofort den gewünschten d_{98} -Wert und der Schnittpunkt des 10 % Ordinatenwertes der Summenkurve liefert auf der Abszissenachse sofort den gewünschten d_{10} -Wert.

Beispiel 1

15

Chips aus Polyethylenterephthalat (hergestellt nach dem Umesterungsverfahren mit Mn als Umesterungskatalysator, Mn-Konzentration: 100 ppm) wurden bei 160°C auf eine Restfeuchte von unterhalb 50 ppm getrocknet und dem Extruder für die Basisschicht B zugeführt.

20

Daneben wurden Chips aus Polyethylenterephthalat (hergestellt über das Umesterungsverfahren mit Mn als Umesterungskatalysator, Mn-Konzentration: 100 ppm), ebenfalls bei 160°C auf eine Restfeuchte von unterhalb 50 ppm getrocknet und den jeweiligen Extrudern für die Deckschichten A und C zugeführt. Das Granulat für die Deckschicht A enthält keine externen Pigmente, das Granulat für die Deckschicht C enthält die für die Verarbeitung der Folie förderlichen Pigmente.

25

Es wurde durch Coextrusion und anschließende stufenweise Orientierung in Längs- und Querrichtung eine transparente dreischichtige Folie mit ABC-Aufbau und einer Gesamtdicke von 12 µm hergestellt. Die Dicke der jeweiligen Schichten ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

30

Deckschicht A, Mischung aus:

100,0 Gew.-% Polyethylenterephthalat mit einem IV-Wert von 0,616

Basisschicht B:

5 100,0 Gew.-% Polyethylenterephthalat mit einem IV-Wert von 0,616

Deckschicht C, Mischung aus:

88,0 Gew.-% Polyethylenterephthalat mit einem IV-Wert von 0,616

12,0 Gew.-% Masterbatch aus 98,0 Gew.-% Polyethylenterephthalat und 1,0 Gew.-% Sylobloc® 44 H (Fa. Grace) und 1,0 Gew.-% Aerosil® TT 600 (Fa. Degussa); in beiden Fällen handelt es sich um SiO₂.

Die Herstellungsbedingungen in den einzelnen Verfahrensschritten waren:

15	Extrusion:	Temperaturen	A-Schicht:	300°C
			B-Schicht:	300°C
			C-Schicht:	300°C
		Düsenapaltweite:		1 mm
		Temperatur der Abzugswalze:		30 °C
20	Längsstreckung:	Temperatur:		80 - 115°C
		(Aufheizung 80-115°C, Streckung bei 115°C)		
	Querstreckung:	Längsstreckverhältnis:		4,5
		Temperatur:		80 - 155°C
25	Fixierung:	Querstreckverhältnis:		4,0
		Temperatur:		230°C
		Dauer:		3 s

Nach Herstellung der Folie (nach diesem Beispiel 1 und den folgenden Beispielen) wurde diese auf der A-Seite in einem industriellen Coater mit Hexamethyldisiloxan unter Vakuum beschichtet. Die Beschichtungsgeschwindigkeit betrug 5 m/s.

Die Folie hatte die geforderte hohe Sauerstoffbarriere. Der Folienaufbau und die erzielten Eigenschaften der hergestellten Folien sind den Tabellen 2 und 3 zu entnehmen.

5 Beispiel 2

In ähnlicher Weise wie in Beispiel 1 wurde durch Coextrusion und anschließende stufenweise Orientierung in Längs- und Querrichtung eine transparente dreischichtige Folie mit ABC-Aufbau und einer Gesamtdicke von 12 µm hergestellt. Im Vergleich zu Beispiel 1 wurde nur die Deckschicht C geändert.

10 

Deckschicht C, Mischung aus:

80,0 Gew.-% Polyethylenterephthalat mit einem SV-Wert von 800
20,0 Gew.-% Masterbatch aus 98,0 Gew.-% Polyethylenterephthalat (SV-Wert von 800) und 1,0 Gew.-% Sylobloc® 44 H (Fa. Grace) und 1,0 Gew.-% Aerosil® TT 600 (Fa. Degussa)

15

Die Verfahrensbedingungen für die Folie waren für alle Schichten wie in Beispiel 1 gewählt.

20 Vergleichsbeispiel 1 (VB 1)



Es wurde das Beispiel 1 aus der EP-A-0 514 129 nachgearbeitet. Die metallisierte Variante in 75 µm Dicke hat nicht die geforderten Barrierewerte. Der Glanz der Folie ist nicht zufriedenstellend.

25 Vergleichsbeispiel 2 (VB 2)

Es wurde das Beispiel 1 aus der EP-A-0 604 057 nachgearbeitet. Die metallisierte Variante in 12 µm Dicke hat nicht die geforderten Barrierewerte. Der Glanz der Folie ist nicht zufriedenstellend.

Tabelle 2

Beispiel	Folien dicke μm	Folienauf- bau	Schicht- dicken A B C μm	Pigmente in den Schichten			mittlerer Pigment- durchmesser A B C μm			Pigment- konzentrationen A B C ppm		
				A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beispiel 1	12	ABC	1,0/9,5/1,5	keine	keine	Sylobloc 44H Aerosil TT 600			2,5 0,04	0 0	0 0	1200 1200
Beispiel 2	12	ABC	1,0/9,5/1,5	keine	keine	Sylobloc 44H Aerosil TT 600			2,5 0,04	0 0	0 0	2000 2000
VB1	75	ABA	4/68/4	Glasperlen	keine	Glasperlen	2,7		2,7	300	0	300
VB2	60	ABA	1,5/63/1,5	Tosperl130	keine	Tosperl130	3,0		3,0	600	0	600

Tabelle 3

Beispiele	Konstanten für die Höhenverteilung der Partikel A_h B_h C-Seite	Sauerstoff- barriere $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot \text{d})$	Reibung C/C	Planare Orientierung	Rauigkeit R_a C-Seite nm	Glanz ¹⁾ A-Seite %	Trübung ¹⁾ %	Verarbeitungs- verhalten
Beispiel 1	$A_{h1}=2,58, B_{h1}=2,13$ $A_{h2}=3,96, B_{h2}=1,56$	1,9	0,38	0,166	60	200	1,7	sehr gut
Beispiel 2	$A_{h1}=2,62, B_{h1}=2,00$ $A_{h2}=4,01, B_{h2}=1,53$	1,8	0,38	0,167	60	200	1,3	sehr gut
VB1		3,5	0,46		35	160	1,3	
VB2		4,0	0,26		55	165	0,6	

¹⁾ gemessen an der nicht beschichteten Folie

A-Seite: beschichtete Deckschicht

C-Seite: unbeschichtete Deckschicht

5 Patentansprüche

1. Biaxial orientierte Polyesterfolie, die eine Basisschicht B, die zu mindestens 80 Gew.-% aus einem thermoplastischen Polyester besteht, und zwei Deckschichten A und C aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht A eine hohe Oberflächenglätte hat und weitgehend keine externen Partikel enthält und die Deckschicht C externe Partikel enthält und eine Anzahl von Erhebungen N pro mm² Folienoberfläche aufweist, die mit ihren jeweiligen Höhen h über folgende Gleichung korreliert sind

$$A_{h1} - B_{h1} \cdot \log h/\mu\text{m} < \log(N_C/\text{mm}^2) < A_{h2} - B_{h2} \cdot \log h/\mu\text{m}$$

$$0,01 \mu\text{m} < h < 10 \mu\text{m}$$

$$A_{h1} = 2,477; \quad B_{h1} = 2,22$$

$$A_{h2} = 4,080; \quad B_{h2} = 1,5.$$

2. Polyesterfolie nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Polyester der Basisschicht B Einheiten aus Ethylenglykol und Terephthalsäure und/oder Einheiten aus Ethylenglykol und Naphthalin-2,6-dicarbonsäure enthält.

3. Polyesterfolie nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Polyester der Basisschicht B Polyethylenterephthalat verwendet wird.

4. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht A keine externen Partikel enthält.

5. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht C als externe Partikel Antiblockmittel oder Pigmente enthält.

6. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht C als Antiblockmittel SiO_2 enthält.
- 5 7. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die externen Partikel der Deckschicht C einen mittleren Primärpartikeldurchmesser von kleiner als 60 nm und/oder einen mittleren Primärpartikeldurchmesser von 1 bis 4 μm aufweisen.
- 10 8. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht C die externen Partikel in einer Konzentration von 0,1 bis 0,5 Gew.-% enthält, bezogen auf das Gewicht der Schicht C.
- 15 9. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie eine planare Orientierung von größer als 0,163 aufweist.
- 20 10. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die unbeschichtete Oberflächenschicht A einen Glanz von größer als 190 aufweist.
11. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie einen Schichtaufbau A-B-C hat.
- 25 12. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die auf der Deckschicht A nach dem CVD-oder PECVD-Verfahren beschichtete Folie eine Sauerstoffbarriere von kleiner als $3 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot \text{d})$ aufweist.
- 30 13. Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie auf der Deckschicht A mit Hexamethyldisiloxan

oder CH₄ beschichtet ist.

14. Verfahren zur Herstellung einer Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13 umfassend die Schritte

- 5
- a) Herstellen einer mehrschichtigen Folie durch Extrusion bzw. Koextrusion und Ausformen der Schmelzen zu flachen Schmelzefilmen
 - b) biaxiales Strecken der Folie und
 - c) Thermofixieren der gestreckten Folie

10 15. Verwendung einer Polyesterfolie nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13 zur Verpackung von luft- und/oder lichtempfindlichen Nahrungs- und Genussmitteln.

* * * * *

5 Zusammenfassung

Mehrschichtige, biaxial orientierte Polyesterfolie, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung

- 10 Dreischichtige, hochorientierte Polyesterfolien mit einem A-B-C-Schichtaufbau, bevorzugt aus Polyethylenterephthalat, die neben einer Basisschicht B eine glatte
- 15 Oberflächenschicht A, die keine externen Partikel enthält, und eine rauhe Oberflächenschicht C, die externe Partikel wie Antiblockmittel oder Pigmente, bevorzugt SiO_2 , in definierten Mengen und Teilchengrößen enthält, aufweisen, zeichnen sich insbesondere durch eine gute Herstellbarkeit und Verarbeitbarkeit, einen hohen Glanz der
- 20 Folienoberfläche A und eine geringe Trübung aus. Die sehr glatte Oberfläche A ist insbesondere für eine Beschichtung mit Materialien, z. B. Hexamethyldisiloxan, nach dem CVD- bzw. PECVD-Verfahren geeignet, wodurch die Folie eine hohe Sauerstoffbarriere erhält und sich insbesondere als Verpackung für licht- und luftempfindliche Nahrungs- und Genussmittel eignet.

* * * * *